

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-108845

(43)Date of publication of application : 23.04.1999

(51)Int.Cl.

G01N 21/84  
G01N 21/35

(21)Application number : 10-057176

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 09.03.1998

(72)Inventor : NUSS MARTIN C

(30)Priority

Priority number : 97 40452  
97 877054

Priority date : 14.03.1997  
17.06.1997

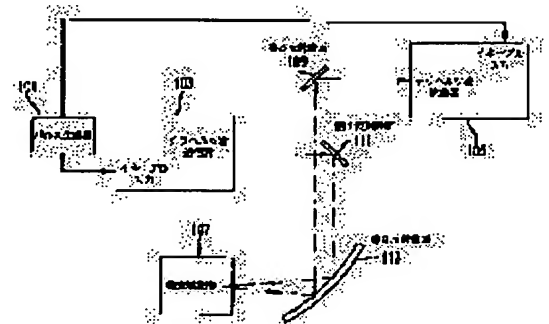
Priority country : US  
US

(54) METHOD FOR PROVIDING COMPOSITION IMAGE OF INSPECTION OBJECT IN REAL TIME

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain information on a resolution and a composition in a depthwise direction of an object to be inspected, by projecting a waveform including electromagnetic radiation pulses in a 1012 Hz frequency range and measuring a related delay time of pulses reflected at the object.

**SOLUTION:** Electromagnetic radiation T-ray pulse beams in a T-ray frequency range generated by a tera Hz (T-ray) wave transmitter 103 are reflected at a first reflecting surface 111 and a second reflecting surface 113, brought in an inspection object 107 and reflected. The reflected beams are reflected at a third reflecting surface 109 and received by a T-ray wave detector 105. In this case, a reflection waveform includes a plurality of distorted pulses with time of various amplitudes and polarities because of the reflection at a discontinuous dielectric body in the inspection object 107. An arrival time of each of the plurality of detected reflected pulses is measured at an operation process. A position of an interface of the dielectric body in the inspection object 107 in a propagation direction is determined from related delay times. Information on a resolution, a composition in a depthwise direction of the inspection object 107 is obtained in this manner.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-108845

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 N 21/84  
21/35

識別記号

F I

G 0 1 N 21/84  
21/35

Z  
Z

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-57176

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月9日

(31) 優先権主張番号 60/040452

(32) 優先日 1997年3月14日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(31) 優先権主張番号 08/877054

(32) 優先日 1997年6月17日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ  
レイテッド

Lucent Technologies  
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ  
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー  
600-700

(74) 代理人 弁理士 三俣 弘文

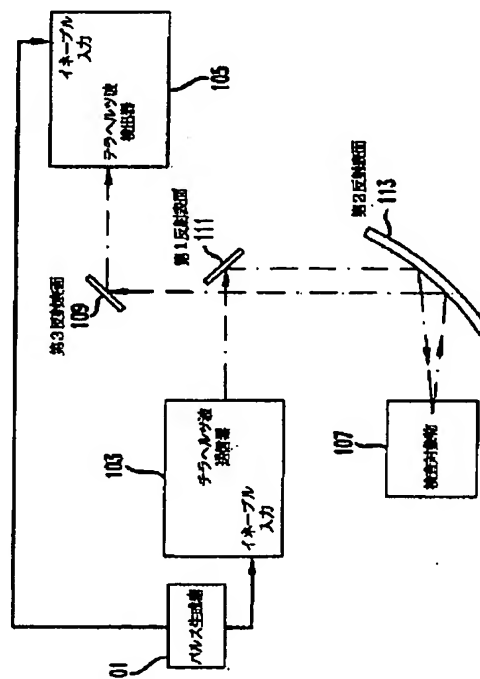
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査対象物の組成画像をリアルタイムで提供する方法

(57) 【要約】

【課題】 検査対象物に関する深さ方向の解像度および構成組成上の情報を与えるようなテラヘルツ画像処理の装置と方法を提供する。

【解決手段】 本発明は、テラヘルツ周波数範囲の電磁放射のパルスを含む波形で検査対象物を照射するステップと、検査対象物内の不連続の部分を決定するために検査対象物により反射されたパルスの関連遅延時間を測定するステップとからなることを特徴とする検査対象物の組成画像をリアルタイムで提供する方法。前記電磁放射のパルスは、約10-10,000フェムト秒の範囲の持続時間を有するパルスを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (a) テラヘルツ周波数範囲の電磁放射のパルスを含む波形で検査対象物を照射するステップと、

(b) 検査対象物内の不連続の部分を決定するために検査対象物により反射されたパルスの関連遅延時間を測定するステップとからなることを特徴とする検査対象物の組成画像をリアルタイムで提供する方法。

【請求項2】 前記電磁放射のパルスは、約10-100,000フェムト秒の範囲の持続時間を有するパルスを含むことを特徴とする請求項1の方法。

【請求項3】 前記不連続は、誘電体界面であることを特徴とする請求項1の方法。

【請求項4】 前記(b)の測定ステップは、検査対象物のフルボリウム画像をリアルタイムで与えるために、前記関連遅延時間を用いるステップを含み前記フルボリウム画像は、検査対象物の内部の組成上の不連続の深さ位置を示す画像であることを特徴とする請求項3の方法。

【請求項5】 (a) テラヘルツ周波数範囲の電磁放射のパルスを含む波形で検査対象物を照射するステップと、

前記検査対象物は、電磁放射の少なくとも一部を反射パルスとして反射し、前記電磁放射は、一組の平行軸により規定される伝播方向に沿って伝播し、

(b) 前記反射パルスを検出器で受信するステップと、

(c) 前記検出器で受信した複数の反射パルスの各々の到着時間を測定するステップと、

(d) 前記到着時間から、伝播方向に沿って検査対象物内の誘電体界面の位置を決定するステップとからなることを特徴とする検査対象物の組成画像をリアルタイムで提供する方法。

【請求項6】 前記電磁放射のパルスは、約10-100,000フェムト秒の範囲の持続時間を有するパルスを含むことを特徴とする請求項5の方法。

【請求項7】 前記電磁放射のパルスは、第2パルスから時間的に離間した第1パルスを含み、前記(c)のステップは、前記検査対象物から反射された第1パルスの受信時と、前記検査対象物から反射された第2パルスの受信時との間の経過時間を決定するステップを含むことを特徴とする請求項6の方法。

【請求項8】 前記(c)の測定ステップは、検査対象物のフルボリウム画像をリアルタイムで与えるために、前記関連遅延時間を用いるステップを含み前記フルボリウム画像は、検査対象物の内部の組成上の不連続の深さ位置を示す画像であることを特徴とする請求項7の方法。

【請求項9】 前記検査対象物より反射されたパルスは、検査対象物の三次元断層映像画像を提供するために時間領域で解析されることを特徴とする請求項5の方

法。

【請求項10】 前記反射波形の解析は、テラヘルツ波の放射の伝播方向に沿って誘電体界面の位置を決定するために、反射パルスの到着時間を用いることを特徴とする請求項5の方法。

【請求項11】 (a) テラヘルツ周波数範囲の電磁放射のパルスを含む波形で検査対象物を照射する電磁エネルギーソースと、

(b) 検査対象物により反射されたパルスの関連遅延時間を測定することにより、検査対象物内の不連続の部分を決定する測定装置とからなることを特徴とする検査対象物の組成画像をリアルタイムで提供する装置。

【請求項12】 前記(a)の電磁エネルギーソースは、約10-100,000フェムト秒の範囲の持続時間を有するパルスを生成することを特徴とする請求項11の装置。

【請求項13】 前記検査対象物は、誘電体界面の形態の不連続を有することを特徴とする請求項11の装置。

【請求項14】 (c) 前記(b)の測定装置に接続され、検査対象物のフルボリウム画像をリアルタイムで与えるために、前記関連遅延時間を用いる画像処理装置と、

をさらに有し、前記フルボリウム画像は、検査対象物に関する組成上の深さ情報を含むことを特徴とする請求項11の装置。

【請求項15】 (a) テラヘルツ周波数範囲の電磁放射のパルスを含む波形で検査対象物を照射する電磁エネルギーソースと、

前記検査対象物は、電磁放射の少なくとも一部を反射パルスとして反射し、前記電磁放射は、一組の平行軸により規定される伝播方向に沿って伝播し、

(b) 前記反射パルスを検出器で受信する検出器と、

(c) 前記(b)の検出器に接続され、前記検出器で受信した複数の反射パルスの各々の到着時間を測定する測定装置と、

(d) 前記到着時間から、伝播方向に沿って検査対象物内の誘電体界面の位置を決定する計算装置とからなることを特徴とする検査対象物の組成画像をリアルタイムで提供する装置。

【請求項16】 前記電磁放射のパルスは、約10-100,000フェムト秒の範囲の持続時間を有するパルスを含むことを特徴とする請求項15の装置。

【請求項17】 前記電磁放射のパルスは、第2パルスから時間的に離間した第1パルスを含み、

前記(c)の測定装置は、前記検査対象物から反射された第1パルスの受信時と前記検査対象物から反射された第2パルスの受信時との間の経過時間を決定する装置を含むことを特徴とする請求項16の装置。

【請求項18】 (d) 前記(c)の測定装置に接続され、検査対象物のフルボリウム画像をリアルタイムで

与えるために、前記関連遅延時間を用いる画像処理装置をさらに有し、

前記フルボリューム画像は、検査対象物の内部の組成上の不連続の深さ位置を示す画像であることを特徴とする請求項 17 の装置。

【請求項 19】 前記検査対象物は、ガスまたはガス混合物を含み、

前記画像処理装置は、線形予測符号化技術を用いて前記ガスまたはガス混合物の画像を生成することを特徴とする請求項 18 の装置。

【請求項 20】 前記 (d) 画像処理装置が検査対象物の三次元断層映像画像を与えるために、前記 (c) 測定装置は、前記対象物により反射されたパルスを時間領域で解析することを特徴とする請求項 19 の装置。

【請求項 21】 前記反射波形の解析は、テラヘルツ波の放射の伝播方向に沿って誘電体界面の位置を決定するために、反射パルスの到着時間を用いることを特徴とする請求項 15 の装置。

【請求項 22】 (a) テラヘルツ周波数範囲の電磁放射のパルスを含む波形で検査対象物を照射するステップと、

前記検査対象物は、電磁放射の少なくとも一部を反射パルスとして反射し、前記電磁放射は、一組の平行軸により規定される伝播方向に沿って伝播し、

(b) 前記反射パルスを検出器で受信するステップと、

(c) 前記検出器で受信した複数の反射パルスの各々の到着時間を測定するステップと、

(d) 検査対象物用のインパルス応答関数の近似を得るために複数の反射パルスを信号処理し、フィルタ処理するステップと、

(e) 測定された到着時間を検査対象物の深さ情報に変換するステップと、

(f) 検査対象物用のインパルス応答関数から検査対象物の材料特性を得るステップとからなることを特徴とする検査対象物の画像をリアルタイムで提供する方法。

【請求項 23】 前記 (d) の信号処理ステップは、反射パルスを基準波形でもってディコンボルブするステップを含むことを特徴とする請求項 22 の方法。

【請求項 24】 前記 (d) のフィルタ処理ステップは、前記ディコンボルブするステップで蓄積されたノイズを除去するためにウェーブレットフィルタ処理するステップを含むことを特徴とする請求項 22 の方法。

【請求項 25】 前記検査対象物の材料特性は、検査対象物の屈折率プロファイルを含むことを特徴とする請求項 22 の方法。

【請求項 26】 前記検査対象物の屈折率プロファイルに関する情報は、各誘電体の不連続の反射係数の大きさから決定することを特徴とする請求項 25 の方法。

【請求項 27】 (g) 反射に起因する反射パルスの信号減衰および/または照射用の電磁放射と検査対象物内

の特定の不連続との間にある組成層からの信号吸収を計算するステップをさらに有することを特徴とする請求項 22 の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電磁波画像処理に関し、特に、テラヘルツ周波数領域で動作する画像処理技術に関する。

【0002】

10 【従来の技術】テラヘルツ周波数領域における電磁波放射の時間領域測定は、分光計の動作環境で用いられている。しかし、検査対象物の画像をリアルタイムで提供するために、テラヘルツの電磁放射を用いることは、テラヘルツの波形の捕獲時間が長くなるために実際ではない。この捕獲時間は通常数分の範囲である。テラヘルツ放射のパルスを用いると、現在のテラヘルツ (T-レイと称する) の画像処理技術は、1 個のテラヘルツ波形の獲得時間を適正な S/N 比を維持しながら数分単位から数ミリ秒単位に減らすことができる。

20 【0003】この技術の例は米国特許第 5,623,145 号 (1997 年 4 月 22 日出願, 発明者 Martin C. Nuss) と、米国特許出願第 08/711,146 号 (1996 年 9 月 9 日出願, 発明者 M.C. Nuss) に開示されている。しかしこの技術は、テラヘルツ波形の時間領域の特性を十分には利用し尽くしていない。したがって、表示される画像は、テラヘルツ波形のフーリエスペクトラムをデジタル信号プロセッサ (DSP) でもって積分することにより得られた透過パワーあるいは反射パワーを示しているにすぎない。

30 【0004】このような画像は、検査対象物の物体内の構成組成上の不連続の場所を示すような画像として定義されるフルボリューム画像ではない。透過パワーおよび/または反射パワーを示すに過ぎない画像は、不連続の位置を含むような検査対象物に関する構成組成上の情報を表すものでない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】したがって本発明の目的は、検査対象物に関する深さ方向の解像度および構成組成上の情報 (フルボリューム画像) を与えるようなテラヘルツ画像処理の装置と方法を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】検査対象物の深さ方向の解像度と構成組成上の画像 (フルボリューム画像) をリアルタイムで与えるような本発明の方法は、請求項 1 に記載した特徴を有する。さらにまた本発明の実施例によれば、波形は、請求項 2 に記載したような特徴を有する。

【0007】

【発明の実施の形態】図 1 は本発明の一実施例により構成されたテラヘルツ画像処理システムのブロック図であ

る。テラヘルツ波送信器103は、テラヘルツ電磁放射のソースである。テラヘルツ波送信器103はイネーブル入力的手段により制御されている。イネーブル入力の状態は、テラヘルツ波送信器103の出力に関係している。例えば、パルスがテラヘルツ波送信器103のイネーブル入力に存在する時には、送信器はターンオンされ、テラヘルツ周波数範囲の電磁エネルギーをパルスの持続時間に等しいある持続時間だけ与える（これは必ずしも本発明の必須要件ではない）。

【0008】実施例によれば、パルスがイネーブル入力に存在するときは、これは所定の時間（パルスの持続時間とは無関係な）の間、テラヘルツ波送信器103が活性状態になり、その後テラヘルツ波送信器103は自動的にターンオフされる。パルスがテラヘルツ波送信器103のイネーブル入力に所定の時間与えられない場合には、送信器はターンオフされ、テラヘルツ電磁放射は生成されない。

【0009】テラヘルツ波送信器103のイネーブル入力はパルス生成器101に接続されている。パルス生成器101は、光学ゲーティングパルスを生成するが、そのパルスの持続時間は約10-10,000フェムト秒の範囲内である。かくして、パルス生成器101はテラヘルツ波送信器103を制御して、テラヘルツ波送信器103が各バーストの範囲が10から10,000フェムト秒の範囲になるようなテラヘルツ電磁放射のバーストを生成させる。テラヘルツ波送信器103により生成された電磁放射は、テラヘルツパルスのビームの形態である。

【0010】テラヘルツ波送信器103により生成されたテラヘルツパルスのビームは、第1反射表面111に入射する、そしてこの第1反射表面111がこれらほとんどの全てのビームを第2反射表面113に向けて反射する。この実施例においては、第1反射表面111はフラットで、第2反射表面113はパラボラ形状をしている。第2反射表面113により反射されたビームのほとんど全ては、検査対象物107に向けられる。第2反射表面113は、テラヘルツパルスのビームが検査対象物107にほぼ直角の入射角となるように入射し、そしてこのビームが検査対象物107の表面近傍で焦点を合わせることとなるように配置される。

【0011】図1に示したシステムの実施例においては、ビームは第2反射表面113の焦点パラメータを検査対象物107と第2反射表面113の間の距離に関係する値に設定することにより、検査対象物107の表面に焦点を合わせようにすることができる。ビームが検査対象物107の表面あるいはその近傍に焦点が合うようにされると、これにより解析制限性能に対応する空間解像度を向上させることになる。

【0012】検査対象物107に入射するテラヘルツパルスのビームの一部は、検査対象物107により反射さ

れる。その後このテラヘルツパルスの反射ビームは、第2反射表面113により再度コリメートされ、その後第3反射表面109により捕獲され、そしてこの第3反射表面109が反射ビームをテラヘルツ波検出器105に向ける。このビームは、検査対象物107によりほぼ直角の入射となるように反射される。

【0013】その中に複数の反射表面を有する検査対象物107の場合、検査対象物107から戻された波形は、そこに入射した波形の複数のレプリカからなり、各反射表面は入射波形の対応するレプリカを戻す。入射波形がテラヘルツ放射の単一パルスの場合には、検査対象物107から反射した波形は、検査対象物107内の誘電体の不連続から反射された複数の様々な振幅と極性のそして時間的に歪んだ複数のパルスを含んでいる。

【0014】図2のA-Bは、3.5インチのフロッピーディスクを検査対象物107として用いて測定した結果を示す。テラヘルツパルスのビームは、第1反射表面111、第2反射表面113によりこのビームがフロッピーディスクの単一の点に入射し、そこから反射されるように向けられる。図2のAは3.5インチのフロッピーディスクに入射したテラヘルツパルスのグラフであり、Bはフロッピーディスクにより反射されたテラヘルツ波形のグラフであり、Cは信号処理技術を本発明の実施例により適用したBの波形のグラフであり、DはCの波形から得られた検査対象物の屈折率プロファイルのグラフである。

【0015】図2Aの波形201は、テラヘルツ波検出器105の出力点で、検査対象物107をそこに入射するほとんど全てのテラヘルツ放射をほぼ損失がゼロの状態で反射するミラーあるいは他の物体により置き換えることにより測定したものである。この場合、波形201は、検査対象物107に入射したテラヘルツパルスの逆極性のレプリカを表す。波形201（図2A）は、検査対象物107に入射した実際の波形とは、前記のミラーあるいは他の金属性対象物で発生する180度の移送シフトにより極性が反転している。201内のメインパルス202の後の小さな振動は、ビームパス内の残留水蒸気の影響であり、システムの動作に大きな影響を及ぼすものではない。

【0016】波形205（図2B）は、検査対象物107により反射され、テラヘルツ波検出器105に測定された代表的な波形である。この波形205は、入射波形201の歪付きレプリカ207, 209, 211からなる。入射波形201の各歪付きレプリカ207, 209, 211は、フロッピーディスクの特定の構成組成上の不連続点の反射に対応する。あるタイプの構成組成上の不連続は、誘電体界面である。このような誘電体界面は、空気がプラスチックに接触する場所、プラスチックが空気に接触する場所、あるいは磁気記録材料の表面から発生する。各反射波の極性と振幅は各界面で反射係数

により決定され、対応する屈折率ステップの大きさと符号に関連している。

【0017】図2Bの例においては、フロッピーディスクのフロントプラスチックカバーとバックプラスチックカバーからの反射は、歪付きレプリカ207と211により表され、はっきりと分かる。しかし、磁気記録材料の厚さは薄いので、そのフロント表面とバック表面から反射された波形は明確に区別できず、1個の歪付きレプリカ209として見える。入射波形201は、検査対象物107内を伝播している間その波形をほとんど変化させることはない。理由は、フロッピーディスクのプラスチック材料は、吸収も少なく分散も少ないからである。他の検査対象物が用いられた場合には、反射波形はその形状が大きく変わることがある。

【0018】図2Cは、波形205に対し様々な演算処理ステップを施した後の波形215を表す。これらの演算処理ステップには、テラヘルツ波検出器105のフィルタ処理されたフーリエディコンボリューションの機械応答とその後のノイズを取り除くためのウェーブレットフィルタプロセスが含まれる。この演算処理により反射界面の一部に対応する各時間遅延でのシャープなスパイクを生成する。

【0019】かくしてこの演算処理は、様々な界面の位置を正確に決定できるようになる。図2Bの波形205とは対称的に、薄い（約120nm厚の）磁気記録材料の前面と裏面は、図2Cの処理波形215によりはっきりと観測できる。これは $L_c/2$ の予測解像度と一致する。但し、 $L_c = 200\mu m$ は、挿入材料（intervening material）内のテラヘルツパルスのコヒーレント長さである。

【0020】これに対し、他に反射面が近くない場合には、反射表面の場所はわずか数ミクロンの精度でもって決定できる。波形205（図2B）の振幅は4倍にスケールアップしており、3個のカーブが振幅の軸に沿って垂直方向にオフセットしてある。図2Dにおいては、検査対象物の屈折率プロファイルが次式（3）に関し説明した手順に従って、図2Cの処理後の波形から抽出できる。

【0021】図3AとBは図1のシステムを用いて得た検査対象物の画像である。この検査対象物はフロッピーディスクで図3Aの画像は、ディスクによりテラヘルツパルスの反射を測定することにより得られたディスクの二次元の画像（従来技術）を表す。具体的に説明すると図3Aの画像は、反射波形をデジタル信号プロセッサ（DSP）を用いてリアルタイムで処理し、反射パワーをグレイスケールに変換して全反射パワーを計算することにより得られたものである。

【0022】これは米国特許第5,623,145号で紹介された元のT-レイ画像処理にほぼ同じであるが、この反射方式が本発明で用いられている。様々な特徴を

有するフロッピーディスクのプラスチックカバーとフロッピーディスク内の円盤状の記録用ディスクとフロッピーディスクの中心部にある金属製ハブが図3Aの画像でははっきりと見てとれる。

【0023】図3Bに図3Aの点線で示した垂直方向の位置（ $y = 15mm$ ）でのフロッピーディスクの断層映像T-レイ・スライスを示す。各水平方向（ $x$ ）の位置に対する反射T-レイ波形のフィールド振幅は、この断層映像画像においては、遅延時間の関数として示してある。反射波形の絶対振幅は、グレイスケールに変換され、その結果入力波の単一サイクルの歪付きレプリカは、二重の黒い線（図2Bの207, 209, 211）として表れる。

【0024】図3Bの垂直方向（遅延時間）は、入射したテラヘルツパルスビームの伝播方向におけるフロッピーディスク内の深さを示している。テラヘルツビームの伝播方向に沿ったフロッピーディスクの様々な部分の位置が、この断層映像写真内で例えばフロントカバーとバックカバー、磁気記録ディスクとディスクの金属製ハブが見いだされる。この写真はまた様々な界面、例えばディスクの不透明なハブの後ろにある特徴物の間の複数の反射から得られた様々な構造を示している。

【0025】検査対象物により反射されたテラヘルツ波形は、信号処理ステップで処理され、検査対象物のある場所（ $x, y$ ）における検査対象物内の層構造を明らかにする。反射波形 $B(t)$ は、図2Bの例であるが、入射波形 $A(t)$ （図2A）に数学的に関連づけられる。 $A(t)$ と $B(t)$ との間の関係は、層構造媒体のインパルス応答 $g(t)$ をコンボルトすることにより決定できる。

【数1】

$$B_j = \sum_{k=0}^M g_{j-k} A_k \quad (1)$$

【0026】上記の式においては、離散時間関数が用いられている。これらの離散時間関数の各々は、時間ステップ $\Delta t$ （例、 $B_k = B(k \times \Delta t)$ ）のデジタル化でもって定義される。 $M$ はデジタル化波形のサンプル数であり、この実施例では1024が用いられている。インパルス応答 $g(t)$ は、検査対象物そのものの特性であり、入射テラヘルツパルスには依存しない。係数 $g_k$ は、 $k$ 番目のタイムスロットにおける検査対象物から戻された反射波の振幅である。それはテラヘルツビームの伝播方向に沿って $k$ 番目の層における反射量と前の層 $j = 1, \dots, k-1$ , の透過量により決定される。

【0027】検査対象物の2つの隣接層 $j$ と $j+1$ との間の距離 $d_j$ は、2つの対応する反射の時間間隔 $\Delta t = t_{j+1} - t_j$ に関係する。

【数2】

$$d_j = \frac{c}{2 \times n_j} \times Dt, \quad (2)$$

ここで、 $n_j$  は表面  $j$  と  $j+1$  の間の媒体の屈折率である。そのため各反射パルスの時間位置 (temporal position) は、検査媒体の入射テラヘルツビームの伝播方向に沿った反射海面の位置に関係する。

【0028】インパルス応答関数  $g(t)$  の近似は、測定波形  $A(t)$  と  $B(t)$  を数学的にディコンボルト (mathematically deconvoluting) することにより得られる。 $g(t)$  が与えられると層構造の屈折率プロファイルが再構成させる。離散形式においては、 $j$  番目の時間ステップは、式 (2) で与えられる厚さ  $d_j$  と次式 (3) で与えられる屈折率  $n_j$  の層に対応する。

【数3】

$$n_j = \prod_{i=1}^j \frac{1 - r_i}{1 + r_i} \quad (3)$$

ここで、反射係数  $r_i$  は  $g_i$  と前の反射の繰り返しにより規定される、即ち次式である。

【数4】

$$r_k = g_k \cdot \prod_{j=1}^{k-1} \frac{1}{(1 - r_j^2)} \quad (4)$$

【0029】ここで  $r_1 = g_1$  とすると、定義により最初の基準面は  $n_0 = 1$  である。この式は、複数回の反射が無視できるような小さな反射係数において成り立つ。そのため吸収と分散の影響は無視する。

【0030】検査対象物の完全な三次元表示は、二次元画像と同速度で構成されるが、その理由は三番目の次元 (深さ) に関する情報の全ては単一の波形 (即ち図2Bおよび/または図2Cの波形) で構成されるからである。例えば図3Bの断層映像画像は、217個の波形から成り立ち、各波形が50msで記録されると約10秒で得られることになる。

【0031】断層映像T-レイ画像処理は、超音波画像処理が用いられる様々な動作環境に適応可能であるが、超音波画像処理での直面する問題は、空気と液体または固体の対象物の間の音響インピーダンスの差が大きいことであり、これにより屈折率のマッチングをとる必要がある。テラヘルツ波形においては、多くの誘電体の誘電率は、空気のそれと余り変わらずそのため屈折率調整 (matching) は、T-レイ断層映像には必要ではない。

【0032】プラスチック、ボール紙、木、ゴムのように

多くの材料は、テラヘルツ周波数範囲においては、良好な透明性を有する。そのため本発明の技術は、例えば空隙あるいはクラックを検出するような品質制御アプリケーションに有効に利用できる。T-レイ断層映像の別の応用分野は、燃焼診断である。強い水の吸収が人体内の生化学の研究におけるテラヘルツ放射の利用を阻んでいたが、皮膚科における本発明のテラヘルツ断層映像を用いることにより火傷の深さおよび焼けた組織の特性を幅広くかつ高感度で測定ができるようになる。

【0033】

【発明の効果】本発明のテラヘルツ画像処理技術は、反射方式で動作する。この反射方式においてはタイミング情報が深さの情報と相関がとられ、検査対象物の断層映像スライスを得ることにより、検査対象物の幅広い範囲に亘って三次元のT-レイ断層映像が得られる。T-レイ断層映像画像処理においては、ある反射は後続の反射とは時間領域で分離され、層構造の検査媒体の各層に関する情報を個々に抽出できる。このようにして詳細な分光情報が、材料の特定でもって表面層に関して得られる。T-レイ断層映像の潜在的な応用範囲は非常に広く、例えば生化学画像処理、パッケージの検査、品質の制御のような幅広い分野で用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例により構成されたテラヘルツ画像処理システムのブロック図

【図2】A 検査対象物を照射するのに用いられるテラヘルツ波形

B 検査対象物により反射されたテラヘルツ波形

C 信号処理技術が適用された検査対象物により反射された波形

D 屈折率プロファイルを取り出すカーブ

【図3】A 従来技術にかかる断層 (実際には透過) 撮影画像

B 本発明による画像処理技術を用いた検査対象物の深さの解像度を有するスライス画像を表す図

【符号の説明】

101 パルス生成器

103 テラヘルツ波送信器

105 テラヘルツ波検出器

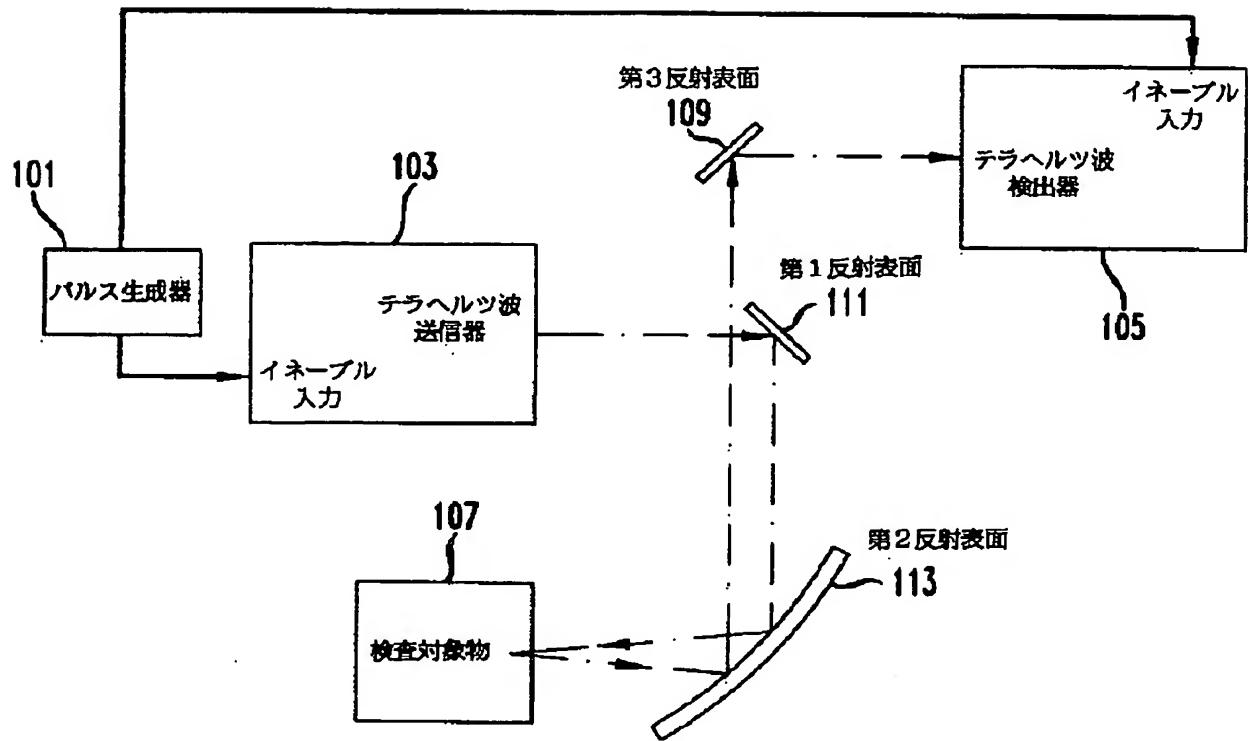
107 検査対象物

109 第3反射表面

111 第1反射表面

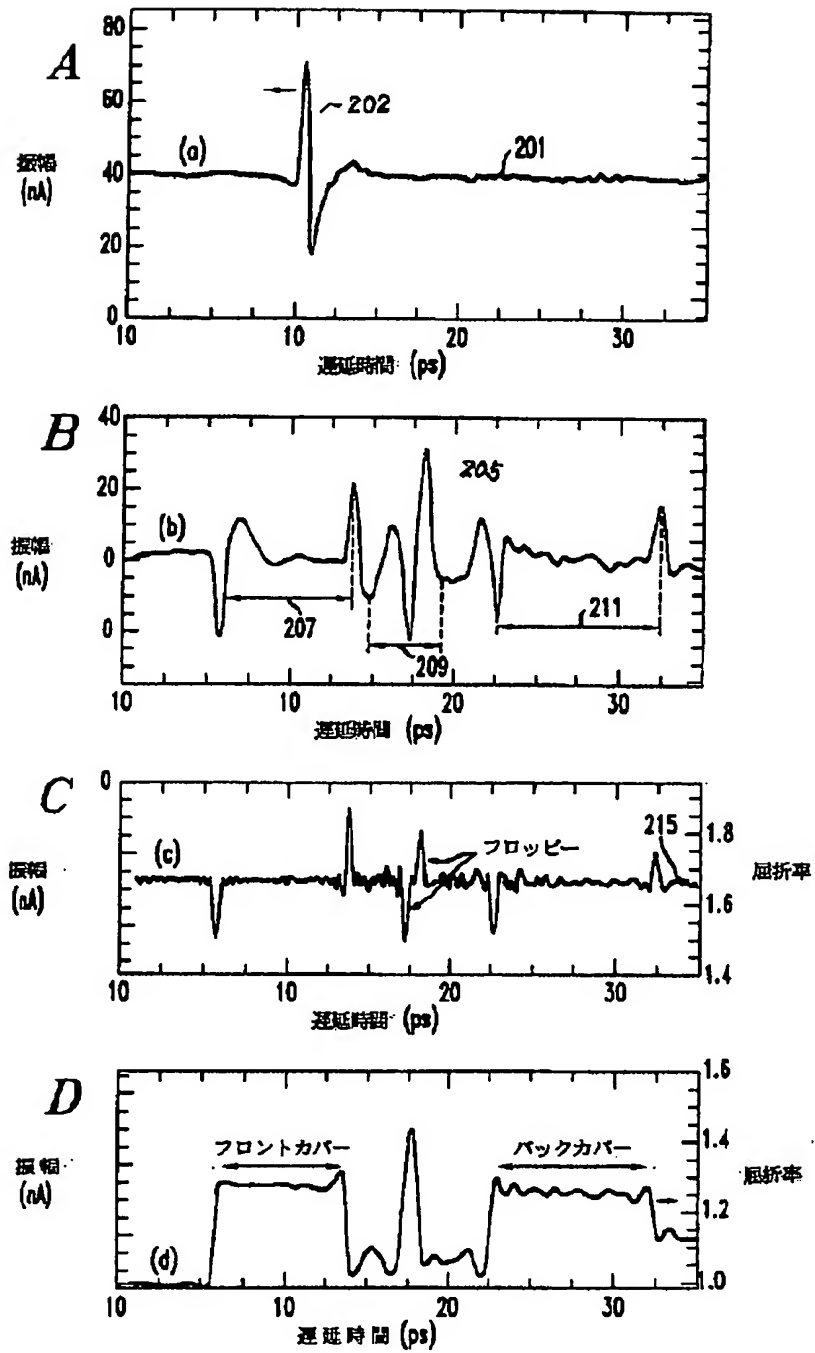
113 第2反射表面

【図1】

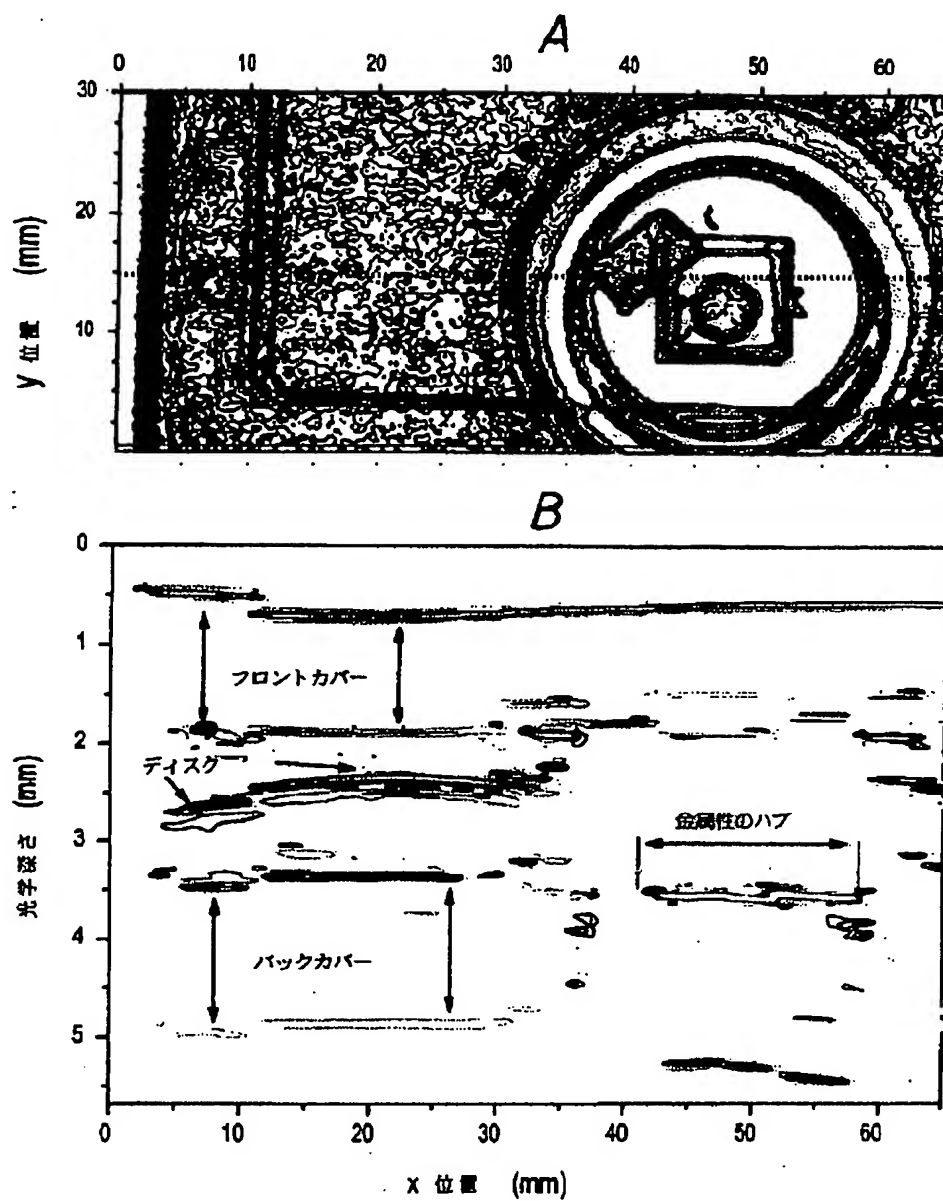




【図2】



【図3】



フロントページの続き

(71)出願人 596077259  
600 Mountain Avenue,  
Murray Hill, New Je  
rsey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者 マーティン シー. ナス  
アメリカ合衆国, 07704 ニュージャージ  
ー, モンマウス カウンティー, フェア  
ハーヴェン, リンカーン アヴェニュー  
146